




System for shaping form of laser output for industry, medicine, printing

Patent number: DE19743322 (A1)
Publication date: 1998-07-02
Inventor(s): IZAWA TAKAO [JP]
Applicant(s): SHOWA OPTRONIC CO [JP]
Classification:
- **international:** G02B26/00; G02B27/09; G02B26/00; G02B27/09; (IPC-7): G02B27/09; G02B27/10
- **european:** G02B27/09S2; G02B27/09; G02B27/09A; G02B27/09S2L2
Application number: DE19971043322 19970930
Priority number(s): JP19960350727 19961227

Also published as:

 DE19743322 (B4)
 JP10186246 (A)
 US5805748 (A)

Abstract of DE 19743322 (A1)

The system has a laser diode bar (1), a collimator (2), a beam deflecting guide (3), a beam collecting guide (4) and an image objective lens (5). The collimator consists of fibre or cylindrical lens elements. The beam deflection stage has a number of identical transparent plates (3.1-3.3) of glass or quartz glass set at an angle to each other.





⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

Offenlegungsschrift DE 197 43 322 A 1

⑨ Int. Cl.⁶
G 02 B 27/09
G 02 B 27/10

⑦ Aktenzeichen: 197 43 322.7
⑦ Anmeldetag: 30. 9. 97
⑥ Offenlegungstag: 2. 7. 98

DE 197 43 322 A 1

⑮ Unionspriorität:

8-350727

27. 12. 96 JP

⑮ Anmelder:

Showa Optronic Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑮ Vertreter:

Ackmann und Kollegen, 80469 München

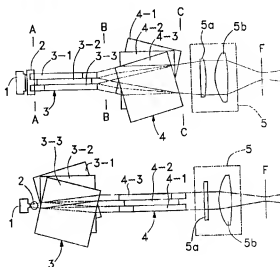
⑮ Erfinder:

Izawa, Takao, Yokohama, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑮ Laserstrahlformgebungssystem

⑮ Ein horizontal langgestreckter Laserstrahl wird in mehrere Strahlabschnitte unterteilt, die längs der horizontalen Richtung angeordnet sind, und bis zu unterschiedlichen Graden durch eine strahlableitende Strahlführung (3) vertikal abgelenkt, und die Strahlabschnitte, die die strahlableitende Strahlführung (3) in unterschiedlichen vertikalen Positionen verlassen, werden durch eine strahlbündelnde Strahlführung (4) bis zu unterschiedlichen Graden horizontal abgelenkt, so daß die Strahlabschnitte längs einer vertikalen Linie konvergieren können, und der Laserstrahl, der am Anfang seitlich langgestreckt war, kann zu einem mehr kreisförmigen Querschnitt geformt werden, welcher zum Pumpen eines Lasersystems und für andere Zwecke erwünscht ist. Die Strahlführungen (3, 4) können jeweils aus mehreren transparenten Platten (3-1 bis 3-3; 4-1 bis 4-3) bestehen, die übereinander platziert sind, und jeder Strahlabschnitt wird durch eine der Platten auf einem zu der Hauptoberfläche der Platten parallelen Weg hindurchgeleitet. Das gewünschte Ausmaß an Ablenkung jedes Strahlabschnitts kann durch geeignete Auswahl der Geometrie und/oder der Brechungsseigenschaft der entsprechenden Platte (3-1 bis 3-3, 4-1 bis 4-3) erzielt werden.



DE 197 43 322 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Laserstrahlformgebungssystem zum Formen eines Laserstrahls und insbesondere auf ein Laserstrahlformgebungssystem zum Umwandeln eines Laserstrahls, der eine seitlich langgestreckte Konfiguration hat, in eine mehr kreisförmige Konfiguration. Das Laserstrahlformgebungssystem nach der Erfindung dient dazu, aber nicht ausschließlich, eine Pumpquelle für Festkörperlaser-Systeme zu bilden, die auf einem weiten Gebiet von Anwendungsfällen benutzt werden können, zu denen wissenschaftliche Untersuchungen, maschinelle Bearbeitung mittels Mikrolaser, die Plattenherstellung für die Druckindustrie und medizinische Behandlungen gehören.

Normalerweise wird gewünscht, daß eine Laserstrahlquelle einen hochdichten Laserstrahl liefert, der leicht kollimiert werden kann. Zu diesem Zweck wird verlangt, daß der Strahlquerschnitt so kreisförmig wie möglich und so klein wie möglich ist. Wenn beispielsweise ein Laser unter Verwendung einer Hochleistungs-Laserdiode als Laserquelle gepumpt wird, kann ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden, indem eine Endpumpkonfiguration benutzt wird, wobei aber verlangt wird, daß der Laserstrahl aus der Laserquelle in dem Lasermedium zu einem kreisförmigen Strahl kollimiert wird, dessen Durchmesser in der Größenordnung von einigen hundert Mikrometern liegt.

Eine Hochleistungs-Laserquelle, die solche Eigenschaften hat, steht jedoch nicht zu wirtschaftlichen Bedingungen zur Verfügung. Eine Vorrichtung in Form eines sogenannten Laserdiodenstabes kann eine hohe Ausgangsleistung zu relativ niedrigen Kosten liefern, aber der Laserstrahl, der von einem Laserdiodenstab erzeugt wird, ist üblicherweise quer oder seitlich langgestreckt. In dem Fall eines Laserdiodenstabes mit einer Nennausgangsleistung von 10 bis 20 Watt ist dessen Ausgangsfläche in einer ersten Richtung ungefähr 10 mm breit und in einer zu der ersten Richtung rechtwinkligen zweiten Richtung ungefähr einen Mikrometer breit. Außerdem divergiert der von einem Laserdiodenstab emittierte Strahl sehr schnell. Der Strahl kann ohne jede nennenswerte Schwierigkeit in der zweiten Richtung auf einen Durchmesser von einigen zehn Mikrometern kollimiert werden, aber er kann nicht auf mehr als etwa 3 mm im Durchmesser in der ersten Richtung kollimiert werden, indem eine normale optische Anordnung verwendet wird, bei welcher eine Kombination aus zylindrischen, sphärischen und asphärischen Linsen verwendet wird.

In der folgenden Beschreibung wird der Einfachheit halber angenommen, daß die Laserquelle eine horizontal langgestreckte Laseremitierende Fläche hat. Mit anderen Worten, die erste Richtung entspricht der horizontalen Richtung, und die zweite Richtung entspricht der vertikalen Richtung. Aus den oben dargelegten Gründen ist es schwierig, einen Laserstrahl, der eine Ausgangsbreite von ungefähr 10 mm hat, zu einem Strahl von weniger als 1 mm im Durchmesser zu kollimieren. Deshalb führt die Verwendung eines Laserdiodenstabes als Laserquelle zum Endpumpen eines Festkörperlaser-Systems unvermeidlich zu einem relativ schlechten Umwandlungs- oder Konversionswirkungsgrad. Darüber hinaus tendiert der resultierende Ausgangslaserstrahl eines Festkörperlaser-Systems dazu, einen elliptischen Querschnitt zu haben, der in den meisten Fällen unerwünscht ist.

Aus der US 5 127 068 ist es bekannt, ein Bündel von Lichtleitern zu benutzen, um Emissionen aus diskreten Emittoren eines Laserdiodenstabes zu führen und sie auf ein Lasersystem zu bündeln. Die Emissionen aus dem Laserdiodenstab können in einem relativ kleinen und kreisförmigen Strahl umgewandelt werden, der zum Endpumpen eines Lasersystems geeignet ist. Bei diesem System kann, wenn ein

Lichtleiterbündel in Kombination mit einem Laserdiodenstab mit einem Durchmesser von 10 mm (bei einem Divergenzwinkel von 15 Grad) \times 1 μ m (bei einem Divergenzwinkel von 50 Grad) benutzt wird, ein Laserstrahl in einem Bereich erzeugt werden, der 600 μ m im Durchmesser beträgt, bei einem Divergenzwinkel von 23 Grad (oder mit einer numerischen Apertur von 0,2). Wenn dieser Laserstrahl durch eine asphärische Linse mit einer numerischen Apertur von 0,2 kollimiert wird, wird er in einen kreisförmigen Strahl mit einem Durchmesser von 600 μ m umgewandelt. Das ist eine bedeutsame Verbesserung gegenüber der herkömmlichen Anordnung, bei der allein auf optische Linsen zurückgegriffen wird, die eine numerische Apertur von 0,2 haben, wodurch nur ein Laserstrahl von ungefähr 6 mm Breite in der horizontalen Richtung erzielt werden kann.

Wenn zwei Laserdiodenstäbe, die jeweils eine Ausgangsleistung von 20 W und eine Wellenlänge von 808 nm haben, als eine Pumpquelle zum Endpumpen eines Nd:YVO₄-Festkörperlaser-Systems, das eine Schwingungswellenlänge von 1064 nm hat, benutzt werden würden, würde der Umwandlungswirkungsgrad ungefähr 50% betragen. Das Endpumpverfahren, bei dem ein Lichtleiterbündel benutzt wird, verursacht jedoch beträchtliche Kosten zum Herstellen des Lichtleiterbündels, und zwar insbesondere deshalb, weil der Fabrikationsprozeß einen zeitraubenden und präzisen Montageprozeß verlangt.

Ein weiteres mögliches Verfahren zum Verbessern des Umwandlungswirkungsgrades, wenn ein Laserdiodenstab als eine Pumpquelle benutzt wird, besteht darin, die Emissionen aus dem Laserdiodenstab nur in der vertikalen Richtung zu kollimieren und das stabförmige Lasermedium nur seitlich zu pumpen. Dieses Verfahren läßt sich relativ billig realisieren, es führt aber zur ineffektiven Absorption der Pumpenergie in dem Lasermedium, und der resultierende Wirkungsgrad ist beträchtlich niedriger als derjenige, der erzielt wird, wenn ein Lichtleiterbündel benutzt wird, und liegt üblicherweise in dem Bereich von 20%.

Wenn die Nennausgangsleistung des Laserdiodenstabes beispielsweise 20 W beträgt, kostet die Anordnung, bei der ein Lichtleiterbündel zur Strahlformgebung benutzt wird, üblicherweise zweimal mehr als die einfachere, aber weniger wirksame Seitenpumpenanordnung.

Angesichts dieser Probleme des Standes der Technik ist es ein Hauptziel der vorliegenden Erfindung, ein Laserstrahlformgebungssystem zu schaffen, welches gestattet, einen seitlich stark langgestreckten Laserstrahl in einen mehr kreisförmigen Laserstrahl auf sowohl einfache als auch wirtschaftliche Art und Weise umzuwandeln.

Ein zweites Ziel der Erfindung ist es, ein Laserstrahlformgebungssystem zu schaffen, das eine Hochleistungs-Laserquelle zum Endpumpen eines Lasersystems auf wirtschaftliche Weise bilden kann.

Ein drittes Ziel der Erfindung ist es, ein Laserstrahlformgebungssystem zu schaffen, welches den Pumpwirkungsgrad eines Festkörperlaser-Systems beträchtlich verbessern kann.

Erfindungsgemäß lassen sich diese und andere Ziele erreichen durch Schaffung von einem Laserstrahlformgebungssystem mit einer Laserquelle, die eine emittierende Oberfläche hat, welche in einer ersten Richtung wesentlich langgestreckter als in einer zweiten Richtung ist, die zu der ersten Richtung rechtwinklig ist; einer Strahlblendenden Strahlführung, die mehrere Strahlführungsteile aufweist zum Unterteilen eines der Laserquelle verlassenen Laserstrahls in mehrere Strahlabschnitte, welche längs der ersten Richtung angeordnet sind, und zum Ablenken der Strahlabschnitte in der zweiten Richtung bis zu unterschiedlichen Graden; und einer strahlbündelnden Strahlführung, die meh-

rere Strahlführungsteile aufweist zum einzelnen Empfangen der Strahlabschnitte, die die strahlblendende Strahlführung verlassen, und zum Bündeln der Strahlabschnitte in bezug auf die erste Richtung, um so die Strahlabschnitte im wesentlichen längs einer Linie auszurichten, die zu der zweiten Richtung parallel ist.

Dem seitlich oder lateral langgestreckten Laserstrahl kann somit die Form eines im wesentlichen kreisförmigen Strahls gegeben werden, indem eine relativ billige Anordnung benutzt wird. Üblicherweise wird ein Kollimator, der aus einer zylindrischen Linse besteht, in der Nähe der Laserquelle platziert, um eine Komponente des Laserstrahls, der die Laserquelle verläßt, in bezug auf die zweite Richtung zu kollimieren, bevor der Laserstrahl in die strahlblendende Strahlführung eintritt. Ebenso wird ein Abbildungsobjektiv in der Nähe des Ausgangsendes der strahlbündelnden Strahlführung platziert, um die Strahlabschnitte, welche die strahlbündelnde Strahlführung verlassen, auf einen Brennpunkt zu bündeln. Der Strahlquerschnitt kann durch ein Relaisobjektiv, das zwischen dem Kollimator und der strahlblendenden Strahlführung angeordnet ist, erweitert werden. Das vereinfacht den Aufbau der Strahlführungen, weil das Relaisobjektiv den Divergenzwinkel des Laserstrahls reduziert.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beinhaltet, daß die Strahlführungsteile der strahlblendenden Strahlführung mehrere transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlengang definiert ist, und planare Endoberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts, wobei die Platten nahe beieinander längs der ersten Richtung angeordnet sind und wobei die Endoberflächen zum Empfangen und/oder Emittieren der Strahlabschnitte winkelfersetzt von jeder Platte zur anderen um die erste Richtung angeordnet sind. Das vereinfacht die Produktionskosten, und zwar insbesondere dann, wenn die Platten identisch geformt sind. Die strahlbündelnde Strahlführung kann ebenso aufgebaut sein.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beinhaltet, daß die Strahlführungsteile der strahlbündelnden Strahlführung mehrere Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die erste Richtung und einen Strahlengang definiert ist, und planare Endoberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts, wobei die Platten nahe beieinander längs der zweiten Richtung angeordnet sind und wobei die Endoberflächen zum Empfangen und/oder Emittieren der Strahlabschnitte winkelfersetzt von jeder Platte zur anderen um die zweite Richtung sind. Das vereinfacht den Montageprozeß, weil das Ausmaß der Ablenkung leicht eingestellt werden kann, indem jede Platte aus einer gemeinsamen Glastafel od. dgl. mit passender Länge zugeschnitten wird. Die strahlbündelnde Strahlführung kann auch ähnlich aufgebaut sein.

Noch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beinhaltet, daß die Strahlführungsteile der strahlblendenden Strahlführung mehrere identisch geformte transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlengang festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schiefen Winkel in bezug auf den Strahlweg, wobei die Platten nahe beieinander längs der ersten Richtung angeordnet sind und aus Materialien bestehen, die unterschiedliche Brechungsindizes haben. Das erfordert etwas höhere Materialkosten, die Montagearbeit kann aber vereinfacht werden. Die strahlbünd-

delnde Strahlführung kann auch ähnlich aufgebaut sein.

Zum Verbessern des Transmissionswirkungsgrades können, wenn Platten als Strahlführungsteile benutzt werden, die Grenzflächen zwischen benachbarten Platten mit einer reflektierenden Längsfläche ausgestattet werden, z. B. mit Hilfe eines Luftspalts oder eines reflektierenden Überzugs. Die Endoberflächen, über die die Strahlabschnitte jede Platte treten und verlassen, sollten vorzugsweise mit einer Antireflexschicht überzogen sein.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigten:

Fig. 1(a) und 1(b) Diagramme einer ersten Ausführungsform der Erfindung, die in Draufsicht bzw. in Seitenansicht gezeigt sind;

Fig. 2(a) bis 2(c) Diagramme, die die Querschnittsformen des Laserstrahls in Ebenen A-A, B-B und C-C in **Fig. 1(a)** zeigen;

Fig. 3(a) und 3(h) in Draufsicht bzw. in Seitenansicht ähnlich wie die **Fig. 1(a) und 1(h)** eine zweite Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4(a) und 4(h) in Draufsicht bzw. Seitenansicht ähnlich wie die **Fig. 1(a) und 1(h)** eine dritte Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 5(a) und 5(h) in Draufsicht bzw. in Seitenansicht ähnlich wie die **Fig. 1(a) und 1(h)** eine vierte Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 6 eine Seitenansicht, die ein Lasersystem in Kombination mit dem Strahlformgebungssystem nach der Erfindung zeigt.

Die **Fig. 1(a) und 1(h)** zeigen eine erste Ausführungsform der Erfindung, die einen Laserdiodenstab **1**, einen Kollimator **2**, eine strahlblendende Strahlführung **3**, eine strahlbündelnde Strahlführung **4** und ein Abbildungsobjektiv **5** aufweist. Der Laserdiodenstab **1** beinhaltet eine große Zahl von einzelnen lichtemittierenden Elementen, die längs einer lateralen Länge desselben angeordnet sind und dadurch eine lateral oder seitlich langgestreckte emittierende Oberfläche bilden. Der Kollimator **2** besteht aus einer Faserlinse oder einer zylindrischen Linse, die parallel mit dem Laserdiodenstab **1** ausgerichtet ist. Der Kollimator **2** ist unmittelbar über der emittierenden Oberfläche des Laserdiodenstabes **1** platziert, so daß der Laserstrahl, der am Anfang in einer vertikalen Ebene divergiert, in einen im wesentlichen parallelen Strahl umgewandelt wird, in einer vertikalen Ebene betrachtet, der jedoch seitlich langgestreckt ist.

Der Strahl, der durch den Kollimator **2** hindurchgegangen ist, wird auf die strahlblendende Strahlführung **3** gerichtet, die in dieser Ausführungsform aus mehreren im wesentlichen identischen und vertikal angeordneten transparenten Platten **3-1** bis **3-3** besteht, welche aus Glas wie optischem Glas oder Quarzglas oder aus transparentem Kristall hergestellt und übereinander angeordnet sind. Die transparenten Platten **3-1** bis **3-3** haben eine rechteckige Form, und die mittlere Platte **3-2** ist so ausgerichtet, daß der Lichtstrahl, welcher von dem Kollimator **2** emittiert wird, die Platte **3-2** über rechtwinklig angeordnete planare Oberflächen derselben betritt und verläßt. Die übrigen Platten **3-1** und **3-3** sind über der mittleren Platte **3-2** angeordnet und sind um eine Linie, die zu der Hauptebene der Platten rechtwinklig ist, in bezug auf die mittlere Platte in zwei entgegengesetzten Richtungen etwas gedreht.

Die beiden Seiten (Hauptoberflächen) jeder Platte sind zu einer äußerst planaren Oberfläche poliert, um jegliche unregelmäßigen Reflexionen zu vermeiden, und sind von benachbarten Platten durch einen kleinen Luftspalt getrennt, der größer als die Wellenlänge ist, so daß die Strahlabschnitte auf diesen Oberflächen interne Totalreflexionen er-

fahren. Alternativ kann wenigstens eine der beiden Seiten (Hauptoberflächen) mit einer metallischen, dielektrischen oder anderweitig reflektierenden Schicht überzogen sein. Die Endoberflächen, über die die Strahlabschnitte hindurchgehen, sind ebenfalls zu einer äußerst planaren Oberfläche poliert und sind erwünschtenfalls mit einer Antireflexschicht überzogen, um einen Transmissionsverlust der Strahlabschnitte aufgrund von Reflexion, wenn sie über diese Oberflächen hinweggehen, zu minimieren. Bei der vorliegenden Ausführungsform sind nur drei Platten dargestellt, üblicherweise ist aber eine größere Zahl von diesen Platten vorgesehen. In diesem Fall nimmt, wie leicht vorstellbar ist, der Drehwinkel jeder Platte fortschreitend zu, wenn der Abstand von der mittleren Platte zunimmt.

Somit tritt der seitlich langgestreckte Lichtstrahl, der von dem Kollimator 2 emittiert wird (welcher so wie in Fig. 2(a) dargestellt ausgebildet ist), in die strahlableitende Strahlführung 3 ein und wird in eine Anzahl von diskreten Strahlabschnitten aufgeteilt, welche einzeln durch die entsprechenden Platten 3-1 bis 3-3 geführt werden. Die Endoberflächen dieser Platten, über die die Strahlabschnitte hindurchgehen, sind zu planaren Oberflächen poliert, um so jegliche unregelmäßigen Reflexionen zu vermeiden. Der mittlere Strahlabschnitt bewegt sich auf einem im wesentlichen geraden Weg, weil der Strahlabschnitt die mittlere Platte 3-2 rechtwinklig zu den entsprechenden Endoberflächen der Platte betritt und verläßt. Andererseits betritt und verläßt jeder der übrigen Strahlabschnitte die entsprechende Platte 3-1 oder 3-2 unter einem schiefen Winkel in bezug auf die entsprechenden Endoberflächen. Infolgedessen werden diese Strahlabschnitte durch die entsprechenden Platten in verschiedenem Grad oder Ausmaß abgelenkt oder verschoben, was von den Drehwinkeln der Platten in bezug auf die mittlere Platte abhängig ist, wie es in Fig. 2(b) dargestellt ist. Die Strahlabschnitte werden hier jeweils mit unterschiedlichem Grad vertikal verschoben. Weil die Platten auf jeder Seite der Mittelplatte um einen zunehmend größeren Winkel gedreht sind, wenn der Abstand von der mittleren Platte zunimmt, werden die Strahlabschnitte, die anfänglich längs einer horizontalen Linie in Querschnitt ausgerichtet waren, derart abgelenkt, daß sie längs einer schrägen Linie im Querschnitt ausgerichtet sind, wie es in Fig. 2(b) dargestellt ist. Vorzugsweise gibt es keine nennenswerte Überlappung in der vertikalen Richtung zwischen den Strahlabschnitten, wenn sie die strahlableitende Strahlführung 3 verlassen.

Die Strahlabschnitte, die durch die strahlableitende Strahlführung 3 hindurchgeleitet werden, werden anschließend in die strahlbündelnde Strahlführung 4 geleitet, die mehrere Platten 4-1 bis 4-3 aufweist, welche aus Glas wie optischem Glas oder Quarzglas oder aus einem transparenten Kristallmaterial hergestellt sind. Die Platten sind übereinander angeordnet und von einer Platte zur anderen um einen gewissen Winkel gedreht. Die Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 sind, kurz gesagt, ähnlich wie die Platten der strahlableitenden Strahlführung 3 angeordnet. Die Hauptoberflächen der Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 sind jedoch um 90 Grad um die optische axiale Linie gedreht, oder, mit anderen Worten, sind in der horizontalen Richtung orientiert. Die strahlbündelnde Strahlführung 4 ist der strahlableitenden Strahlführung 3 derart zugeordnet, daß die Strahlabschnitte, die von der strahlableitenden Strahlführung 3 emittiert werden, jeweils in eine entsprechende Platte der strahlbündelnden Strahlführung 4 eintreten.

Die Strahlabschnitte verlassen daher die strahlableitende Strahlführung 3 in unterschiedlichen vertikalen Positionen und treten in die entsprechenden Platten 4-1 bis 4-3 der strahlbündelnden Strahlführung 4 ein. Die Platten 4-1 bis 4-

3 der strahlbündelnden Strahlführung 4 verschieben jeweils den Weg des entsprechenden Strahlabschnitts in der seitlichen oder lateralen Richtung derart, daß die Strahlabschnitte die strahlbündelnde Strahlführung 4 im wesentlichen ausgerichtet längs einer vertikalen Linie verlassen, wie es in Fig. 2(c) dargestellt ist. In dem Fall der strahlbündelnden Strahlführung 4 ist es, weil der vertikale Divergenzwinkel von jedem der Strahlabschnitte, die durch die Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 hindurchgehen und weniger wahrscheinlich auf die beiden Seiten (Hauptoberflächen) auftreffen werden, relativ klein ist ($< 0,5$ Grad), nicht notwendigerweise erforderlich, daß diesen Oberflächen eine reflektierende Eigenschaft gegeben wird, die durch das Vorsehen eines Luftspalts zwischen benachbarten Platten oder durch reflektierende Schichten, mit denen die Hauptoberflächen der Platten überzogen werden, erzielt werden kann.

Der Laserstrahl, der die strahlbündelnde Strahlführung 4 verläßt, wird auf das Abbildungsobjektiv 5 gerichtet, das in der nächsten Stufe vorgesehen ist. Das Abbildungsobjektiv 5 kann eine zylindrische Linse 5a und eine asphärische Linse 5b aufweisen, so daß der einfallende Laserstrahl durch die zylindrische Linse 5a in einen parallelen Strahl umgewandelt wird und durch die asphärische Linse 5b sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung auf einen kleinen Fleck auf einer Fokal- oder Brennpunktschene F fokussiert wird. Die zylindrische Linse 5 ist geeignet ausgebildet, so daß der Brennpunkt der vertikalen Komponente des Laserstrahls und der Brennpunkt der horizontalen Komponente des Laserstrahls in der gemeinsamen Fokalebene F zusammenfallen.

Die seitliche Abmessung des Laserstrahls, der auf das Abbildungsobjektiv 5 fällt, ist zu der Anzahl der Platten der Strahlführungen 3 und 4 umgekehrt proportional und kann deshalb bei Bedarf reduziert werden. Die vertikale Abmessung des Laserstrahls, der auf das Abbildungsobjektiv 5 trifft, wird durch die Dicke der Platten der strahlableitenden Strahlführung 3 diktiert und kann deshalb nach Bedarf gesteuert werden, allerdings nicht so frei wie die seitliche Abmessung des Laserstrahls, der auf das Abbildungsobjektiv 5 fällt. Weil der Laserstrahl, wenn er den Kollimator 2 verläßt, in bezug auf die vertikale Richtung relativ parallel ist und einen relativ kleinen Divergenzwinkel hat, kann jedoch die vertikale Abmessung des Laserstrahls, wenn er die strahlbündelnde Strahlführung verläßt, nicht größer als die horizontale Abmessung desselben gemacht werden. Durch geeignete Auswahl der Anzahl der Platten der strahlableitenden Strahlführung 3 und der strahlbündelnden Strahlführung 4 ist es daher möglich, den Laserstrahl einen im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt zu geben.

Als Beispiel sei angenommen, daß die emittierende Oberfläche des Laserdiodenstabes 1 mm (horizontal) $\times 1\text{ }\mu\text{m}$ (vertikal) mißt und daß die Parallelität des Laserstrahls, die durch den Kollimator 2 erzielt wird, in der Größenordnung von $0,5$ Grad in bezug auf die vertikale Richtung liegt. Dieser Grad an Parallelität kann leicht erzielt werden, indem ein handelsüblicher Kollimator verwendet wird. In diesem Fall würde die vertikale Abmessung des Laserstrahls, der die strahlbündelnde Strahlführung 4 verläßt, ausreichend klein gehalten werden, solange die Anzahl der Platten der strahlableitenden Strahlführung 3 nicht mehr als 20 beträgt.

Das ist mehr ins einzelne gehend im folgenden beschrieben, wobei ein Beispiel genommen wird, bei dem drei Platten jeweils in der strahlableitenden Strahlführung 3 und in der strahlbündelnden Strahlführung 4 benutzt werden. In bezug auf die horizontale Richtung sind die äußeren Strahlabschnitte 4-1 und 4-3, die durch die strahlableitende Strahlführung 3 unterteilt und vertikal verschoben werden, durch die entsprechenden Platten der strahlbündelnden Strahlfüh-

zung 4 in vertikale Ausrichtung mit dem mittleren Strahlabschnitt seitlich verschoben, wenn sie schließlich die Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 verlassen. Deshalb wird die vertikale Abmessung des Laserstrahls so um den Faktor drei reduziert, wenn er durch die strahlbündelnde Strahlführung 3 und durch die strahlbündelnde Strahlführung 4 hindurchgeht. Die vertikale Abmessung des Laserstrahls wird um den Faktor drei vergrößert, sie erzeugt aber kein nennenswertes Problem, weil die vertikale Komponente des Laserstrahls mehr als 50-mal parallelere als die horizontale Komponente ist und eine solche geringfügige Differenz in der vertikalen Richtung angesichts der wesentlichen Reduzierung in der horizontalen Abmessung des Laserstrahls, die durch diese Anordnung erzielt wird, ziemlich unbedeutend ist.

In der dargestellten Ausführungsform waren die planaren Oberflächen jeder Platte, durch die der Strahlabschnitt ein- und austritt, zueinander parallel, sie können aber irgendeinen Winkel miteinander bilden, solange das gewünschte Ausmaß an Strahlabschnittsablenkung erzielt wird, was für den Fachmann ohne weiteres klar sein dürfte. Außerdem nimmt der Drehwinkel jeder Platte um die horizontale Linie in der dargestellten Ausführungsform fortschreitend zu, was aber für die Erfindung nicht wesentlich ist. Solange die Platten der strahlbündelnden Strahlführung 3 um unterschiedliche Winkel gedreht sind, vorzugsweise in einem gleichen Winkelintervall, ist die Reihenfolge, in welcher die Platten übereinander platziert werden, nicht von Bedeutung. Offenbar wird die Anordnung der Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 durch die Anordnung der Platten der strahlbündelnden Strahlführung 3 diktiert, so daß die Strahlabschnitte vertikal ausgerichtet sein können, wenn sie die strahlbündelnde Strahlführung 4 verlassen.

Die Ablenkung oder die Verschiebung der Laserstrahlabschnitte wurde in der ersten Ausführungsform durch Verwendung von Platten erzielt, die einen Brechungsindex haben, der von der von Luft verschieden ist, und der Grad der Ablenkung wurde durch den Neigungswinkel der Endoberflächen der Platten bestimmt, durch die die Strahlabschnitte hindurchgehen, sowie durch den Brechungsindex des Materials der Platten. Dasselbe Ziel kann erreicht werden durch Ändern der Länge der Platten. Durch geeignetes Ändern der Länge des Weges jedes Strahlabschnitts innerhalb der Platte ist es möglich, den Grad der Ablenkung jedes Strahlabschnitts einzustellen, ohne den Neigungswinkel der Endoberflächen der Platten zu ändern. Außerdem ist es durch Ändern des Brechungsindex des Materials der Platte von einer Platte zur anderen möglich, den Grad der Ablenkung jedes Strahlabschnitts einzustellen, ohne den Neigungswinkel der Endoberflächen der Platten oder die Länge jeder Platte zu ändern.

Die Fig. 3(a) und 3(b) zeigen eine zweite Ausführungsform der Erfindung, bei der der Grad der Ablenkung eingestellt wird, indem die Weglänge jedes Lichtstrahls innerhalb der Platte geändert wird. In diesen Figuren sind Teile, die denjenigen der vorherigen Ausführungsformen entsprechen, mit gleichen Bezugszahlen bezeichnet.

Bei der zweiten Ausführungsform weist die strahlbündelnde Strahlführung 6 mehrere vertikal ausgerichtete Platten 6-1 bis 6-3 auf, die jeweils die vorm eines Parallelepipedes haben, so daß die Strahlabschnitte die entsprechenden Platten unter einem identischen Winkel von einer Platte zur anderen betreten und verlassen. Lediglich die Länge des Strahlenganges innerhalb der Platten ist von einer Platte zur anderen unterschiedlich gemacht. Die beiden äußeren Platten 6-1 und 6-3 sind um eine gleiche Länge kürzer bzw. länger als die mittlere Platte 6-2. Deshalb wird der seitlich langgestreckte Laserstrahl, der in die strahlbündelnde Strahl-

führung 6 eintritt, in drei Strahlabschnitte unterteilt, die durch die drei vertikal ausgerichteten Platten 6-1 bis 6-3 einzeln geführt werden und die strahlbündelnde Strahlführung 6 in unterschiedlichen vertikalen Positionen verlassen.

Die strahlbündelnde Strahlführung 7 der zweiten Ausführungsform gleicht im Aufbau ebenfalls der strahlbündelnden Strahlführung 6 derselben, nur um 90 Grad um die optische axiale Linie gedreht. Die Strahlabschnitte, welche in die einzelnen oder unterschiedlichen Platten der strahlbündelnden Strahlführung 7 eintreten, werden in horizontaler Richtung derart abgelenkt, daß die Strahlabschnitte, die die strahlbündelnde Strahlführung 7 verlassen, längs einer vertikalen Linie ausgerichtet sind.

Somit ist es bei der zweiten Ausführungsform ebenfalls durch geeignetes Ändern der Anzahl der Platten jeweils in der strahlbündelnden Strahlführung 6 und in der strahlbündelnden Strahlführung 7 und der Länge jeder Platte 7-1 bis 7-3 möglich, den Laserstrahl, der anfänglich seitlich langgestreckt war, zu einem im wesentlichen kreisförmigen Strahl zu formen, der für ein günstiges Fokussieren durch das Abbildungsobjektiv 5 geeigneter ist.

Die Fig. 4(a) und 4(b) zeigen eine dritte Ausführungsform der Erfindung, bei der der Grad der Ablenkung eingestellt wird, indem der Brechungsindex jeder Platte geändert wird. In diesen Figuren tragen die Teile, die denen der vorherigen Ausführungsformen entsprechen, gleiche Bezugszahlen.

In diesem Fall sind die strahlbündelnde Strahlführung 8 und die strahlbündelnde Strahlführung 9 jeweils aus mehreren identisch geformten und identisch ausgerichteten Platten 8-1 bis 8-3 bzw. 9-1 bis 9-3 gebildet, wobei aber die Materialien für die Platten fortschreitend zunehmende Brechungsindizes von einer Platte zur nächsten gegeben werden. In der dargestellten Ausführungsform ist jede Platte so ausgerichtet, daß der einfallende Strahl in die planare Endoberfläche jeder Platte unter einem Winkel von 45 Grad gegen die zu der Endoberfläche rechtwinklige Linie eintritt. Die Platten sind identisch geformt und konform übereinander platziert.

Auch in dieser Ausführungsform wird der Laserstrahl, der in die strahlbündelnde Strahlführung 8 eingetreten ist, in Strahlabschnitte aufgeteilt, die dann einzeln in den entsprechenden Platten 8-1 bis 8-3 geführt werden und die entsprechenden Platten in unterschiedlichen vertikalen Positionen verlassen, und zwar wegen des Unterschieds im Brechungsindex von einer Platte zur anderen. Die vertikalen Positionen dieser Strahlabschnitte, welche die strahlbündelnde Strahlführung 8 verlassen, werden eingestellt, indem die Brechungsindizes des Materials der Platten so ausgewählt werden, daß es keine wesentliche Überlappung in der vertikalen Richtung zwischen den Strahlabschnitten gibt, wenn diese die strahlbündelnde Strahlführung 8 verlassen.

Die strahlbündelnde Strahlführung 9 ist auf ähnliche Weise wie die strahlbündelnde Strahlführung 8 aufgebaut, wobei aber die Platten 9-1 bis 9-3 der strahlbündelnden Strahlführung 9 um 90 Grad um die optische axiale Linie in bezug auf diejenigen der strahlbündelnden Strahlführung 8 gedreht sind. Die Brechungsindizes der Platten werden so gewählt, daß die Strahlabschnitte, welche die strahlbündelnde Strahlführung 9 verlassen, längs einer vertikalen Linie im wesentlichen ausgerichtet sind.

Die Fig. 5(a) und 5(b) zeigen eine vierte Ausführungsform der Erfindung. Die Laserquelle 11 besteht in diesem Fall aus einem Halbleiterlaser mit einer Dauerstrichleistung von 20 W, der von SDL, Inc., San Jose, Kalifornien, unter der Modellbezeichnung SDL3470-S vermarktet wird. Dieser Halbleiterlaser, der auch als Laserdiode bezeichnet wird, erzeugt einen Laserstrahl, der in der horizontalen

Richtung 10 mm breit ist und in der vertikalen Richtung 1 µm breit ist. Der Divergenzwinkel dieses Laserstrahls beträgt 15 Grad in der horizontalen Richtung und 50 Grad in der vertikalen Richtung. Die Wellenlänge des Lasers, der von dieser Vorrichtung emittiert wird, beträgt 810 nm.

Der Laserstrahl, der von dem Laserdiodenstab 11 emittiert wird, wird in bezug auf die vertikale Lichtung kollimiert, indem ein Kollimator 12 benutzt wird, der eine zylindrische Gradientenlinse mit einem Durchmesser von 1 mm aufweist, welche von Doric Lenses, Inc., USA, vermarktet wird. Der Laserstrahl, der den Kollimator 12 verläßt, hat eine vertikale Abmessung von 0,5 mm und einen Divergenzwinkel von 0,4 Grad. Das System weist weiter ein Relaisobjektiv 13 auf, das aus zwei konvexen Linsen besteht, die eine Brennweite von 60 mm und einen äußeren Durchmesser von 40 mm haben, um ein telezentrisches optisches System zu bilden, welches den kollimierten Strahl (10 mm × 0,5 mm) um den Faktor zwei (oder zu einem Strahl von 20 mm × 1,0 mm) vergrößert, so daß der Divergenzwinkel auf $7,5^\circ \times 0,2^\circ$ reduziert wird.

Das Vergrößern des Strahldurchmessers durch Verwenden eines Relaisobjektivs bietet den Vorteil, die Verwendung von relativ dicken Platten für die strahlableitende Strahlführung 14 und für die strahlbündelnde Strahlführung 15 zu gestatten. Die Platten, die eine größere Dicke haben, sind in der Herstellung relativ weniger teuer. Die Verwendung eines Relaisobjektivs ist für die Realisierung der Erfindung nicht wesentlich, ist unter praktischen Gesichtspunkten aber zu bevorzugen.

Die strahlableitenden Strahlführung 14 weist neun rechteckige Quarzplatten 14-1 bis 14-9 auf, von denen jede 50 mm × 50 mm × 2,3 mm mißt und die übereinander angeordnet sind, so daß sie parallel zu einer Ebene erstrecken, die durch den Strahlengang und die vertikale Richtung festgelegt ist. Die Platten sind jeweils um eine horizontale Linie rechtwinklig zu dem Strahlengang in bezug auf die nächste Platte auf ähnliche Weise wie ein Kartenspiel, das in die Form eines Fächers verdreht ist, gedreht. Die mittlere Platte 14-5 ist so ausgerichtet, daß sich ihre vordere und ihre hintere Endoberfläche rechtwinklig zu dem einfallenden Strahlabschnitt erstrecken, und die übrigen Platten sind auf beiden Seiten derselben in unterschiedlichen Richtungen zunehmend gedreht.

In dieser Ausführungsform sind die Platten 14-1 bis 14-9 so angeordnet, daß die vertikalen Positionen der benachbarten Strahlabschnitte, welche die strahlableitende Strahlführung 14 verlassen, 2,3 mm voneinander beabstandet sind. Durch diese Wahl ist es möglich, die strahlbündelnde Strahlführung 15 identisch mit der strahlableitenden Strahlführung 14 aufzubauen und dadurch die Fertigungskosten zu senken. Gemäß der Erfindung kann jedoch die strahlbündelnde Strahlführung 15 eine andere Anzahl von Platten als die strahlableitende Strahlführung 14 aufweisen oder kann Platten haben, deren Dicke von der der strahlableitenden Strahlführung 14 verschieden ist.

Die beiden Seiten jeder Platte 14-1 bis 14-9 sind mit einem mehrschichtigen dielektrischen Reflexüberzug überzogen, der eine innere Totalreflexion für diejenigen Strahlkomponenten gewährleistet, die einen Einfallswinkel von 80 Grad oder mehr haben. Diese reflektierenden Überzüge dienen lediglich zum Verbesserung des Transmissionswirkungsgrades durch Reflektieren eines kleinen Bruchteils der durch jede Platte geführten Strahlabschnitte, der auf die Grenzfläche aufliegen kann, und sind für die Realisierung der Erfindung nicht wesentlich. Alternativ kann ein Luftspalt in der Größenordnung von 50 µm zwischen jeweils zwei benachbarten Platten vorhanden sein, um so eine optisch reflektierende Grenzfläche zwischen ihnen zu bilden.

Die Endoberflächen jeder Platte sind mit einem Antireflexüberzug überzogen, um wiederum so den Transmissionsverlust zu minimieren.

Die strahlbündelnde Strahlführung 15 ist im wesentlichen identisch mit der strahlableitenden Strahlführung 14 aufgebaut, ist aber um 90 Grad um die optische axiale Linie in bezug auf die strahlableitende Strahlführung 14 gedreht. In diesem Fall war die Parallelität der Strahlabschnitte so gut, daß es wenig Bedarf an reflektierenden Oberflächen zwischen den benachbarten Platten 15-1 bis 15-9 gibt. Der Aufbau der strahlbündelnden Strahlführung 15 kann jedoch nach Bedarf auf verschiedene Weise modifiziert werden, solange die Strahlabschnitte, die in die strahlbündelnde Strahlführung 15 einfallen, durch die Platten 15-1 bis 15-9 einzeln geführt werden und längs einer gemeinsamen vertikalen Linie gebündelt werden.

Der Laserstrahl, der schließlich das Strahlformgebungssystem dieser Ausführungsform verläßt, war ungefähr 2,3 mm breit, bei einem Divergenzwinkel von 7,5 Grad in bezug auf die horizontale Richtung, und war ungefähr 20,7 mm (2,3 mm × 9) breit, bei einem Divergenzwinkel von 0,2 Grad in bezug auf die vertikale Richtung. Nach dem Gesetzen der Optik ist das Produkt aus einem Durchmesser und einem Divergenzwinkel eines Strahls ungefähr umgekehrt proportional zu der möglichen Größe des Strahlflecks, in welchem der Strahl gebündelt werden kann. Das Strahlformgebungssystem nach der Erfindung kann daher die horizontale Breite des Strahls ungefähr um den Faktor zehn reduzieren, verglichen mit dem Fall, wo das Strahlformgebungssystem nicht benutzt wird.

Ein Abbildungsobjektiv 16, das eine zylindrische konvexe Linse 16a und eine asphärische Linse 16b aufweist, ist hinter der strahlbündelnden Strahlführung 15 platziert, so daß der Laserstrahl, der das Abbildungsobjektiv verläßt, in einem kleinsten Fleck sowohl in bezug auf die horizontale Richtung als auch in bezug auf die vertikale Richtung in einer gemeinsamen Brennpunktschene konvergieren kann. Die zylindrische Linse 16a hat in diesem Fall eine Größe von 30 mm × 300 mm und eine Brennweite von 200 mm, und die asphärische Linse 16b hat eine Brennweite von 50 mm, so daß die numerische Apertur (NA) ungefähr 0,29 in der horizontalen Richtung und 0,24 in der vertikalen Richtung beträgt.

Der Laserstrahl, der schließlich durch das Abbildungsobjektiv 16 gebündelt wird, hatte eine Größe von 500 µm (horizontal) × 400 µm (vertikal), gemessen mit einem Strahlprofilierer, und das ist zum Pumpen eines Festkörperlaseres äußerst geeignet. Darüber hinaus betrug der Transmissionswirkungsgrad des Strahlformgebungssystems ungefähr 88%, was eine bedeutsame Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik darstellt.

Ein Festkörperlaseresystem, bei dem das Laserformgebungssystem benutzt wurde, das in Fig. 5 dargestellt ist, war tatsächlich so aufgebaut, wie es in Fig. 6 gezeigt ist. Bei diesem Festkörperlaseresystem wird ein Nd:YVO4-Stab (der 3 mm × 3 mm × 1 mm maß und eine Nd-Konzentration von weniger als 1% hatte) als ein Lasermedium 18 benutzt. Eine axiale Endoberfläche dieses Stabes, die dem Abbildungsobjektiv 16 zugewandt ist, war mit einer Schicht überzogen, die Licht total reflektierte, das eine Wellenlänge von 1064 nm hatte, und Licht total (100%) durchläßt, das eine Wellenlänge von 810 nm hatte, und die andere axiale Endoberfläche war mit einer Schicht überzogen, die eine Reflexion von Licht verhindert, das eine Wellenlänge von 1064 nm hat. Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 810 nm und mit einer Abmessung von 500 µm (horizontal) × 400 µm (vertikal), der durch das Laserstrahlformgebungssystem erzielt wurde, wurde als ein Pumpelaserstrahl 19 auf

das Lasermedium **18** gerichtet. Der Ausgangsspiegel **29** bestand aus einem konkaven Spiegel, der einen Krümmungsradius von 1 mm hatte, und eine Resonatorlänge von 150 nm war zwischen dem Ausgangsspiegel **29** und dem Lasermedium **18** vorhanden.

Bei diesem Festkörperlasersystem betrug, wenn die Pumpleistung des pumpenden Laserstrahls **19** für das Lasermedium **19 W** betrug, die Ausgangsleistung des Ausgangslaserstrahls **21**, wenn dieser den Ausgangsspiegel verließ, **6 W** bei der Wellenlänge von **1064 nm**. Deshalb betrug der Umwandlungswirkungsgrad ungefähr **40%**, was mit dem Wirkungsgrad vergleichbar ist, der durch das Lichtleiterbündel erzielt wird. Die Erfindung ist jedoch beträchtlich weniger teuer als das System, bei dem von einem Lichtleiterbündel wie oben dargelegt Gebrauch gemacht wird.

Durch das Laserstrahlformgebungssystem nach der Erfindung kann, wie oben beschrieben, ein Laserstrahl, der eine seitlich langgestreckte Konfiguration hat, sowohl wirtschaftlich als auch effizient zu einem mehr kreisförmigen Strahl geformt werden, der einen relativ kleinen Divergenzwinkel aufweist. Deshalb bietet die vorliegende Erfindung eine äußerst günstige Pumpquelle für Festkörperlasersysteme.

Die Strahlführung kann auf verschiedenere Weise aufgebaut sein. Wenn mehrere identisch geformte Platten aus einem identischen Material für die Strahlführung benutzt werden, wie es bei der ersten und bei der vierten Ausführungsform der Erfindung der Fall ist, können die Strahlführungen in Massenproduktion mit niedrigen Kosten hergestellt werden. Der Grad oder das Ausmaß an Ablenkung der Strahlabschnitte kann auch eingestellt werden, indem die Länge der Platten längs des Strahlenganges geändert wird, wie es bei der zweiten Ausführungsform der Fall ist, und die Fertigungskosten sind in diesem Fall gleichermaßen gering. Wenn die Brechungseigenschaft des Materials für jede Platte verändert wird, wogegen die Formen der Platten im wesentlichen identisch gelassen werden, wie es bei der dritten Ausführungsform der Fall ist, können die Materialkosten etwas hoch sein, aber der Montageprozeß wird beträchtlich vereinfacht, so daß die Gesamtkosten nicht höher als die der anderen Ausführungsformen sein können.

Patentansprüche

1. Laserstrahlformgebungssystem, **gekennzeichnet durch:**

eine Laserquelle (1), die eine emittierende Oberfläche hat, welche in einer ersten Richtung wesentlich langgestreckter als in einer zweiten Richtung ist, die zu der ersten Richtung rechtwinklig ist;

eine strahlblenkende Strahlführung (3, 14), die mehrere Strahlführungsteile (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) aufweist, zum Unterteilen eines der Laserquelle (1) vorlassenden Laserstrahls in mehrere Strahlabschnitte, welche längs der ersten Richtung angeordnet sind, und zum Ablenken der Strahlabschnitte in der zweiten Richtung bis zu unterschiedlichen Graden; und eine strahlbündelnde Strahlführung (4, 15), die mehrere Strahlführungsteile (4-1 bis 4-3, 15-1 bis 15-9) aufweist, zum einzelnen Empfangen der Strahlabschnitte, die die strahlblenkende Strahlführung (3, 14) verlassen, und zum Bündeln der Strahlabschnitte in bezug auf die erste Richtung, um so die Strahlabschnitte im wesentlichen längs einer Linie auszurichten, die zu der zweiten Richtung parallel ist.

2. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Kollimator (2, 12) zum Kollimieren einer Komponente des Laserstrahls, der

die Laserquelle (1, 11) verläßt, in bezug auf die zweite Richtung, bevor der Laserstrahl in die strahlblenkende Strahlführung (3, 14) eintritt.

3. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kollimator (2) eine zylindrische Linse aufweist, die sich in der ersten Richtung erstreckt.

4. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet durch ein Relaisobjektiv (13), das zwischen dem Kollimator (12) und der strahlblenkenden Strahlführung (14) angeordnet ist, zum Vergrößern eines Strahlquerschnitts.

5. Laserstrahlformgebungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch ein Abbildungsobjektiv (5, 16) zum Bündeln der Strahlabschnitte, die die strahlbündelnde Strahlführung (4, 15) verlassen, auf einen Brennpunkt.

6. Laserstrahlformgebungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) der strahlblenkenden Strahlführung (3, 14) mehrere transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlengang definiert ist, und planare Endoberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts, wobei die Platten (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) nahe beieinander längs der ersten Richtung angeordnet sind und wobei die Endoberflächen zum Empfangen und/oder Emittieren der Strahlabschnitte winkelförmig von jeder Platte (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) zur anderen um die erste Richtung angeordnet sind.

7. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) der strahlblenkenden Strahlführung (3, 14) im wesentlichen identisch geformt und nahe beieinander längs der ersten Richtung angeordnet und winkelförmig gegeneinander um die erste Richtung sind.

8. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile (7-1 bis 7-3) der strahlbündelnden Strahlführung (7) mehrere Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die erste Richtung und einen Strahlengang definiert ist, und planare Endoberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts, wobei die Platten nahe beieinander längs der zweiten Richtung angeordnet sind und wobei die Endoberflächen zum Empfangen und/oder Emittieren der Strahlabschnitte winkelförmig von jeder Platte zur anderen um die zweite Richtung sind.

9. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (7-1 bis 7-3) der strahlbündelnden Strahlführung (7) im wesentlichen identisch geformt und nahe beieinander längs der zweiten Richtung angeordnet und winkelförmig voneinander um die zweite Richtung sind.

10. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, wobei die Strahlführungsteile (6-1 bis 6-3) der strahlblenkenden Strahlführung (6) mehrere transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlengang festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schiefen Winkel in bezug auf den Strahlengang, wobei die Platten nahe beieinander längs der ersten Richtung

angeordnet sind und längs des Strahlenganges unterschiedliche Längen haben.

11. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile der strahlbündelnden Strahlführung mehrere transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die erste Richtung und einen Strahlweg festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schiefen Winkel in bezug auf den Strahlweg, wobei die Plattenteile nahe beieinander längs der zweiten Richtung angeordnet sind und längs des Strahlweges unterschiedliche Längen haben.

12. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile (8-1 bis 8-3) der strahlbündelnden Strahlführung (8) mehrere identisch geformte transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlweg festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schiefen Winkel in bezug auf den Strahlweg, wobei die Platten nahe beieinander längs der ersten Richtung angeordnet sind und aus Materialien bestehen, die unterschiedliche Brechungsindizes haben.

13. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile (9-1 bis 9-3) der strahlbündelnden Strahlführung (9) mehrere identisch geformte transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die erste Richtung und einen Strahlweg festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schiefen Winkel in bezug auf den Strahlweg, wobei die Platten nahe beieinander längs der zweiten Richtung angeordnet sind und aus Materialien bestehen, die unterschiedliche Brechungsindizes haben.

14. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile der Strahlführungen mehrere transparente Platten aufweisen, die eine Hauptoberfläche haben, welche sich parallel zu einem Strahlweg erstreckt, und daß ein kleiner Luftspalt zwischen benachbarten Platten gebildet ist.

15. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile jeder Strahlführung mehrere transparente Platten aufweisen, die eine Hauptoberfläche haben, welche sich parallel zu einem Strahlweg erstreckt, und daß ein reflektierender Überzug auf wenigstens einer Seite jeder Platte gebildet ist.

Tierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

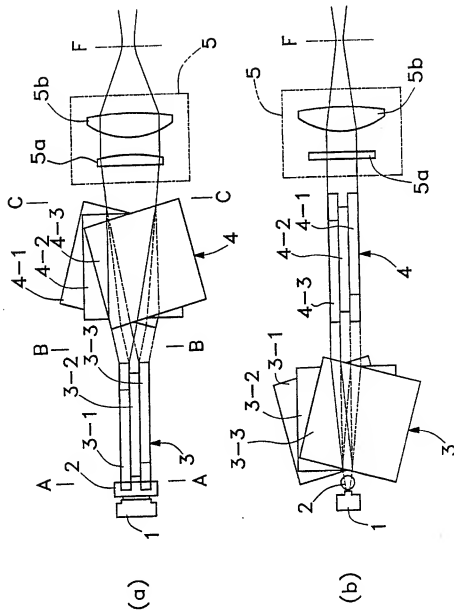


Fig. 2

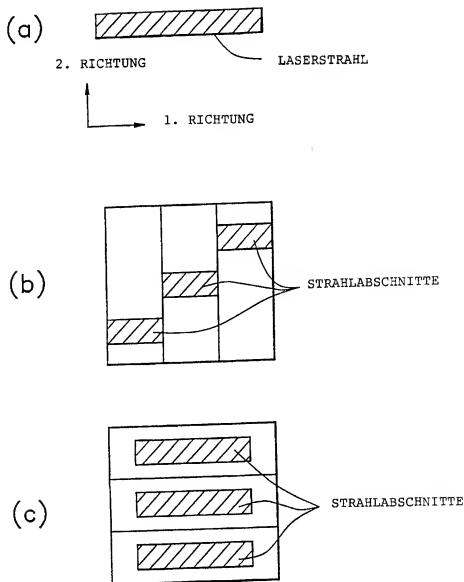


Fig. 9

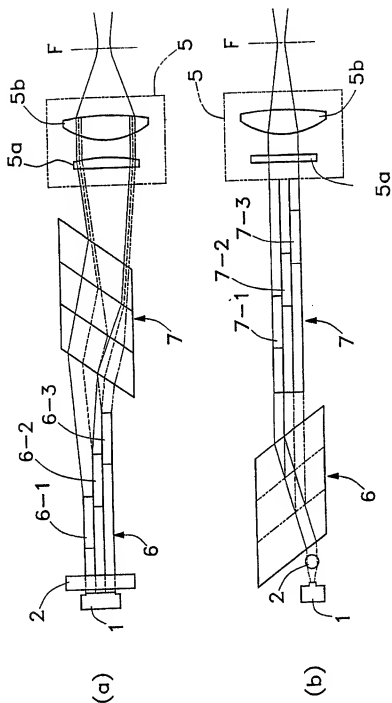
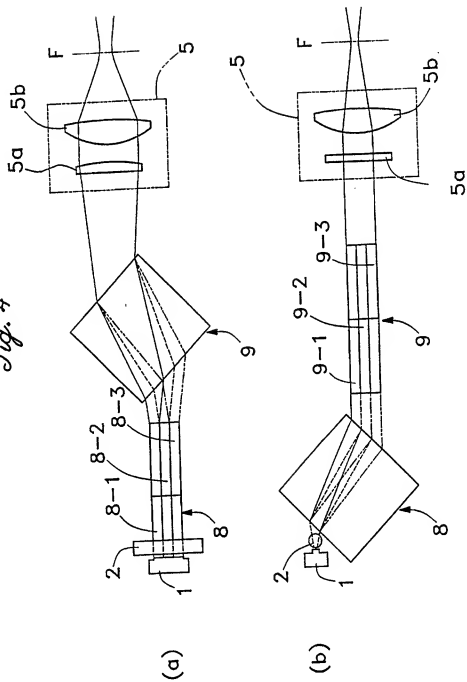


Fig. 4



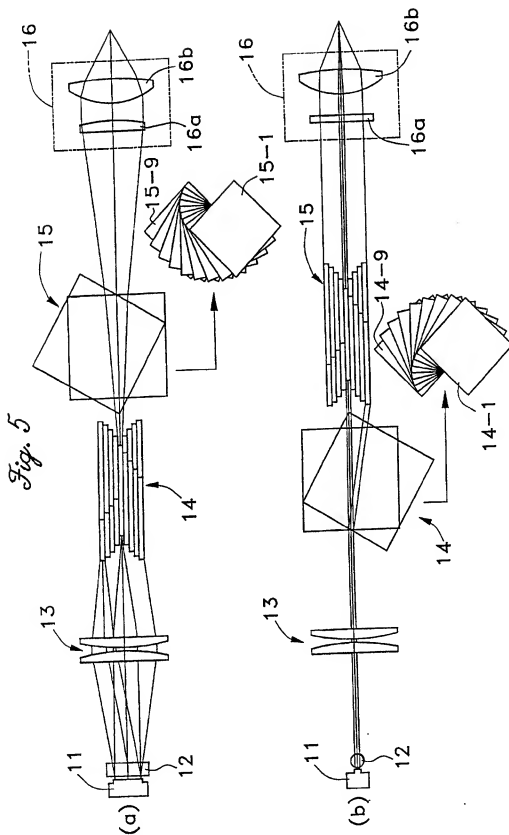


Fig. 6

